(١) تذكر

- يشتمل الكمبيوتر على العناصر المادية الرئيسية التالية: المعالج processor، الذاكرة الرئيسية main memory، وحدة المدخلات والمخرجات I/O unit، ناقل النظام system bus.

- يشكل نظام التشغيل وسيطا بين المكونات المادية للكمبيوتر وبرامج التطبيقات العاملة به والمستخدم.

- مراحل تشغيل الكمبيوتر تبدأ بالبرنامج التمهيدي bootstrap ثم تحميل نواة نظام التشغيل kernel من القرص الصلب hard disk.

- مراحل تنفيذ المعالج لتعليمات البرامج: إحضار التعليمة من الذاكرة الرئيسية، ثم تنفيذها، ثم تحديد مكان التعليمة التالية بالذاكرة الرئيسية، وتتكرر المراحل لحين الانتهاء من تنفيذ البرامج.

- تصنف إجراءات المعالجة لتعليمات البرامج في الآتي: معاملة بين المعالج والذاكرة، معاملة بين المعالج ووحدة المدخلات والمخرجات، معالجة بيانات، تحكم في تسلسل تنفيذ تعليمات البرامج.

- المقاطعات interrupts تغير مسار تنفيذ المعالج لتعليمات البرامج نتيجة حدث event مادي (إشارات الكترونية من وحدة الإدخال والإخراج) أو برمجي (تنفيذ تعليمة system call أو خطأ برمجي trap).

- تتناسب سرعة الذاكرة عكسيا مع حجمها وطرديا مع تكلفتها.

- تحسين أداء المعالج بأي من الوسائل التالية مجتمعة أو منفردة: الذاكرة الخبيئة cache، تعدد النوى.

- تحسين أداء الكمبيوتر بأي من الوسائل التالية مجتمعة أو منفردة: تطوير المعالج، تعدد المعالجات، عنقودية الأجهزة، أقراص الحالة الصلبة.
- تصنيف أجهزة الكمبيوتر: حاسبات رئيسية mainframes، حاسبات متوسطة minicomputers، حاسبات متناهية الصغر microcomputers.
- تصنيف الحاسبات متناهية الصغر: شخصية أو محمولة PC، وحدات عمل workstations، مزودات خدمة servers.

(٢) تذكر

- نظام التشغيل في منظور المستخدم يعني: تمكينه من تشغيل برامجه، وسيط بين برامجه والمكونات المادية، مشاركته مع الآخرين موارد الكمبيوتر، تقديم واجهة تفاعلية سهلة الاستخدام.

- نظام التشغيل في منظور الكمبيوتر يعني كونه: مخصصا للموارد، داعما للمشاركة والعدالة والأمان في استخدام الموارد، مسيطرا علي الوصول لتلك الموارد من قبل البرامج والمستخدمين، مراقبا لنشاط البرامج والمستخدم، داعما للتواصل البيني للعمليات، داعما لواجهات تطبيق تفاعلية لبرامج المستخدم.

- يتألف النظام من مجموعة من العناصر أو النظم الفرعية المتفاعلة فيما بينها والتي تعمل كوحدة واحدة بغية تحقيق وظيفة محددة أو هدف معين للنظام.

- هناك نظم تشغيل تتابعيه، وكمية، وباقتسام الزمن، ويمكن دمج الأخيرتين في نظام واحد.

- مراحل تشغيل نظام التشغيل: يتحسس المكونات المادية والأجهزة المثبتة، ثم إعداده لآلية المقاطعات، ثم إدارته لموارد الكمبيوتر ولتنفيذ برامج المستخدم.

- يسيطر نظام التشغيل علي مقدرات نظام الكمبيوتر بالآليات التالية: المقاطعات، مؤقت التشغيل، وثنائية وضعية التشغيل.

- آلية ثنائية وضعية التشغيل تعتمد علي بت "الوضعية" mode bit في كود تعليمات البرامج وفي المعالج، فإذا كانت "0" كانت في وضعية نظام التشغيل، وإذا كانت "1" كانت وضعية المستخدم.

- وضعية النظام والوضعية المميزة ووضعية النواة هي مرادفات لوضعية نظام التشغيل.

- تعدل بت الوضعية عند بدء تشغيل الكمبيوتر، وعند حدوث مقاطعة مادية أو برمجية.
- برامج المستخدم تتعامل مع المدخلات والمخرجات عن طريق "استدعاء النظام" System Call وهو أحد صور المقاطعات.
- تتوقف نوعية نظام التشغيل علي: كونه كمي أو باقتسام الوقت، مركزيا أم موزع، أنيا أم عمومي الغرض.
- الآليات تحدد كيفية تنفيذ أمر ما، والسياسة تحدد المطلوب تنفيذه (مثال مؤقت التشغيل).
- تقسم البرامج حسب الالتزامات القانونية نحو استخدامها والتعامل مع مصدر الكود إلي برامج مفتوحة المصدر (أي علنية مصدر كود البرنامج) وبرامج احتكارية.

(٣) تذكر

- مصطلح "عملية": برنامج رهن التنفيذ في الكمبيوتر، أو نسخة من برنامج يجري تشغيله.
- تتكون العملية من: كود برنامج، وحزمة البيانات يشغلها البرنامج.
- ينشئ نظام التشغيل لكل عملية قالب تحكم يتضمن: معرف العملية، حالة العملية، أولويتها في التشغيل، معلومات عن الملفات و المدخلات والمخرجات التي تتعامل معها، ومعلومات محاسبة.
- تنشأ العمليات في الأحوال التالية: تشغيل كمي، جلسة تعامل تفاعلي للمستخدم، مهام فرعية كالطباعة، مهام موازية للبرنامج الواحد لتحسين الأداء.
- إنهاء العمليات في الأحوال التالية: تنفيذ تعليمات مثل Halt بالبرامج، النقر علي x بنافذة التطبيق، عن طريق مدير المهام Task Manager.
- نموذج الحالات الثنائي للعمليات: رهن التنفيذ running، إيقاف not running/pause.
- نموذج الحالات الخمس للعمليات: new بالقرص الصلب، جاهزة ready بالذاكرة، موقوفة/منتظرة waiting، قيد التنفيذ running، منتهية terminated.
- إيقاف العمليات انتظارا لحدث معين (كإتمام طباعة) يدرجها في طابور انتظار يفضل أن يكون متخصصا في نوعية الحدث لتلافي تأثير الأحداث الأبطأ علي عمليات تنتظر أحداثا أسرع.
- إيقاف العمليات نتيجة استنفاذها حصتها من وقت المعالج (وفقا لمؤقت التشغيل Operation Timer) يدرجها في حالة "جاهزة" بطابور انتظار مخصص.

- العمليات المنتظرة موارد معينة يمكن أن ترحل بواسطة نظام التشغيل من الذاكرة الرئيسية إلي الذاكرة الافتراضية لإفساح المجال لتشغيل عمليات "موقوفة/منتظرة" منتظرة توفر مساحة بالذاكرة الرئيسية.

- ينشئ نظام التشغيل جداول لمتابعة استخدام الذاكرة والمدخلات والمخرجات والملفات والعمليات

- يتواجد نظام التشغيل بالذاكرة وفق أي من الأساليب التالية: النواة المستقلة (ليست عملية)، التنفيذ داخل عمليات المستخدم، التنفيذ في هيئة عمليات مستقلة.

- تواصل العمليات البيني .Interprocess Comm ضروري: لتحقيق مشاركة المعلومات بين المستخدمين، التنسيق بين المهام الفرعية لعملية رئيسية، وتجانس وظائف نظام برمجي.

- درجات إدراك العمليات لبعضها: إدراك منعدم، إدراك غير مباشر (كاشتراك العمليات في موارد كالمخزن الانتقالي للمدخلات والمخرجات)، إدراك مباشر (كإدراك جدول إكسيل في مستند Word).

- المورد الحرج critical resource هو الغير قابل للمشاركة، وقطاع العمليات بالبرنامج المتعامل مع هذه الموارد يسمي "القطاع الحرج critical section".

- تنشأ حالة الجمود Deadlock بين العمليات التي تحوز موارد حرجة تحتاجها بعضها من بعض، فيتدخل نظام التشغيل لفض حالة الاشتباك بين العمليات.

- تنشأ حالة التجويع Starvation عندما تنتظر عملية موردا حرجا بشكل مستمر علي الرغم من عدم وجود حالة جمود بشأن المورد.

- تلافي تعطيل عملية انتظارا لمورد حرج يكون عن طريق: تعرف نظام التشغيل علي القطاعات الحرجة ببرنامج كل عملية ومنعه تشغيل أكثر من قطاع حرج لنفس

المورد في فنس الوقت، استخدام تعليمات مخصصة للتعامل مع الموارد الحرجة تمنع ازدواجية التعامل مع المورد الحرج، منع مقاطعة القطاعات الحرجة أثناء تشغيلها.

- التواصل بين العمليات عن طريق: تمرير الرسائل (بطئ)، وعبر الذاكرة المشتركة (سريع).

(٤) تذكر

- تعددية البرامج multiprogramming تعني دعم نظام الكمبيوتر تشغيل عدة برامج في نفس الوقت باستخدام معالج واحد بتقسيم وقت المعالج بين تلك البرامج.
- تعددية المعالجة multiprocessing تعني بالشق المادي وليس البرمجي، وتعني تعدد المعالجات أو النوى بالكمبيوتر.
- يمكن الجمع بين تعددية البرامج وتعددية المعالجة، بتوزيع البرامج علي المعالجات أو علي النوى.
- مسار التنفيذ thread يعني تسلسل معين لتنفيذ التعليمات داخل برنامج ما.
- تعدد مسارات التنفيذ multithreading داخل برنامج يعني قدرة البرنامج علي تنفيذ عدة وظائف أو عمليات في نفس الوقت (مثال: تصحيح إملائي أثناء الإدخال ببرنامج Word).
- دعم مسارات التنفيذ يمكن أن يتم علي ثلاثة مستويات: المعالج، نظام التشغيل، برامج التطبيقات والنظم:
  - المعالج: تعدد النوى مع تقنية hyper-threading تمكن كل نواة من معالجة أكثر من مسار تنفيذ في نفس الوقت.
  - نظام التشغيل: يجب أن يجدول تنفيذ مسارات التنفيذ كل علي حدة وعلي التوازي.
  - برامج التطبيقات والنظم: يخصص لكل مسار تنفيذ مخزن تراكمي stack ومسجلات registers مستقلة.
- البرنامج متعدد الدخول Re-entrant يدعم تشغيل نسخة واحدة له بالذاكرة الرئيسية تخدم أكثر من عملية في نفس الوقت.

- تعددية المهام multitasking يعني دعم نظام الكمبيوتر لتشغيل عدة برامج أو عمليات أو مهام أو مسارات تنفيذ في آن واحد، لذا فهو مصطلح أكثر شمولية من تعددية البرامج.

- تعني الجدولة scheduling بتحديد نظام التشغيل لترتيب العمليات التي يتم تفعيلها من طابور انتظار العمليات الجاهزة للتنفيذ.

- أساليب الجدولة:

  - أولوية الأسبق للوصول – يحدد أولوية العملية الجاهزة للتنفيذ بأسبقية طلبها بدء أو استئناف التنفيذ، أبسط الأساليب، يعاب عليه تعطيل العمليات القصيرة بسبب العمليات الطويلة.

  - أفضلية المهام الأقصر زمنا – يحدد أولوية التنفيذ للعمليات الأقصر في زمن التشغيل، يعاب عليه صعوبة تحديد زمن التشغيل المتوقع.

  - الأولوية المطلقة – يحدد أولوية التنفيذ حسب الأولوية المحددة مسبقا لكلك عملية، يعاب عليه سماحه بتجويع العمليات ذات الأولوية المنخفضة.

  - الحصص المتساوية – يخصص لكل عملية حصة معينة من زمن المعالج تعاد بعدها لطابور الانتظار قسرا.

  - قوائم الانتظار متعددة المستويات – تصنف العمليات حسب زمن استجابة النظام المطلوب لها فترتب في طوابير انتظار مستقلة، لكل منها أسلوب جدولته الخاص، ويمنح كل طابور أولوية تنفيذ ثابتة لعملياته، فتنفذ عمليات الطوابير الأعلي أولوية أولا ثم تليها عمليات الطوابير الأقل أولوية، يعاب علي هذا الأسلوب سماحه بتجويع العمليات ذات الأولوية المنخفضة.

- قوائم انتظار التغذية العكسية – يحدد لكل طابور انتظار زمن تشغيل محدد، تنتقل منه العمليات المتجاوزة هذا الزمن للطابور الأقل أولوية حيث تمنح زمن تشغيل أكبر، تنتقل فيه العمليات المنتظرة للتشغيل زمنا معينا للطابور الأعلي أولوية، يتلافى هذا الأسلوب تجويع العمليات.

- مبادئ جدولة المعالجات المتعددة:
  - المعالجة المتماثلة – تخصص للمعالجات طوابير انتظار خاصة لكل منها، أو طابور موحد، تخدم المعالجات نظام التشغيل وبرامج المستخدم سواء.
  - المعالجة غير المتماثلة – يخصص لنظام التشغيل معالج معين بينما تخصص باقي المعالجات لبرامج المستخدم.

- انتماء المعالج processor affinity: يتناول هجرة العمليات من معالج لآخر، فالهجرة تتعلق بمعاملات الذاكرة الخبيئة cache مع الذاكرة الرئيسية، فالسماح بالهجرة يطبق عليه الانتماء اللين soft affinity بينما منع الهجرة يطلق عليه الانتماء الصلب hard affinity.

- موازنة الأحمال load balancing يعني بتوزيع عبء تنفيذ العمليات بالتساوي بين المعالجات، بأي من الطرق التالية:
  - الدفع بالهجرة push migration يتخلص المعالج من العمليات الزائدة عن طاقته للمعالجات الأخرى.
  - السحب بالهجرة pull migration يسحب المعالج الأقل عبئا بعض عمليات المعالجات الأكثر عبئا.
  - طابور انتظار موحد لكل المعالجات.

(٥) تذكر

- تشغيل أي برنامج يستلزم قدرة المعالج علي ترجمة العناوين النسبية للتعليمات داخله إلي العناوين الفعلية لاماكن تحميلها في الذاكرة، لذا يجب علي نظام التشغيل توجيه المعالج للعنوان الفعلي لقطاع الذاكرة المحمل به البرنامج، فينفذ المعالج: **العنوان الفعلي للتعليمة بالذاكرة = العنوان الفعلي لقطاع البرنامج بالذاكرة + العنوان النسبي للتعليمة.**

- مهام نظام التشغيل لإدارة الذاكرة هي: ❶ متابعة إشغال مساحة التخزين، ❷ اتخاذ القرار بشأن نقل العمليات من وإلي الذاكرة، ❸ حجز وتخصيص مساحة الذاكرة حسب احتياج العمليات وكذلك إخلاؤها عند الضرورة.

- لتنفيذ المهام السابقة يلزم نظام التشغيل أن يحقق المتطلبات التالية:

  - الترحيل Relocation – وهي مبادلة العمليات الجاري تنفيذها بين الذاكرة الرئيسية والذاكرة الافتراضية (القرص الصلب) لإفساح المجال بالذاكرة الرئيسية للعمليات الجاهزة للتنفيذ، مع إمكانية إعادة تحميل العمليات للذاكرة الرئيسية بقطاعات مختلفة عن تلك التي كانت تشغلها.

  - الحماية Protection – منع العمليات من الوصول لقطاعات تخزين بعضها البعض في الذاكرة بدون إذن، وتمكين المعالج من إلغاء عمل العمليات المتجاوزة.

  - المشاركة Sharing – تمكين العمليات من مشاركة تشغيل نسخة البرنامج (متعدد الدخول Reentrant) المحملة بالذاكرة دون التأثير علي بيانات بعضها البعض، وتمكينها من مشاركة البيانات المصرح لها بالتعامل معها.

- قطاعات الذاكرة الثابتة Fixed Partitions: تقسم الذاكرة لقطاعات محددة عند تحميل نظام التشغيل ولا تتغير حدودها خلال تشغيل النظام.
  - قطاعات متساوية الحجم: يعيبها سوء استغلال مساحة التخزين بسبب التفتت داخل القطاعات نتيجة تحميل عمليات أقل حجما من حجم القطاعات.
  - **قطاعات مختلفة الحجم**: يعالج مشكلة التفتت الداخلي إلي حد ما بتخصيص قطاعات تتناسب مع حجم العمليات.
- يمكن تخصيص طابور انتظار للعمليات لكل قطاع من **القطاعات مختلفة الحجم**، يخدم العمليات ذات الحجم الأنسب لكل منها (عبء علي نظام التشغيل)، أو تخصيص طابور انتظار موحد لكل القطاعات (معرض لإهدار الذاكرة نتيجة تخصيص القطاعات الكبيرة للعمليات الصغيرة).
- قطاعات الذاكرة المتغيرة Variable Partitions: تقسم قطاعات الذاكرة وفقا لحجم العمليات عند تشغيلها، تعالج مشكلة التفتت الداخلي تماما، وينشأ عنها تفتت خارجي (خارج قطاعات العمليات).
- لعلاج التفتت الخارجي تضاف لنظام التشغيل آلية ضغط المساحات المستخدمة من الذاكرة من وقت لآخر لتصبح متجاورة، فتتجمع بالتالي المساحات الغير مستخدمة في كتلة واحدة ذات سعة تستوعب المزيد من العمليات.